

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11)特許番号

特許第3302992号

(P3302992)

(45)発行日 平成14年7月15日(2002.7.15)

(24)登録日 平成14年5月10日(2002.5.10)

(51)Int.Cl.⁷
B 0 1 D 65/02
61/18

識別記号
5 2 0

F I
B 0 1 D 65/02
61/18

5 2 0

請求項の数5(全 22 頁)

(21)出願番号 特願平5-503124

(86) (22)出願日 平成4年8月7日(1992.8.7)

(65)公表番号 特表平6-509501

(43)公表日 平成6年10月27日(1994.10.27)

(86)国際出願番号 P C T / A U 9 2 / 0 0 4 1 9

(87)国際公開番号 W O 9 3 / 0 2 7 7 9

(87)国際公開日 平成5年2月18日(1993.2.18)

審査請求日 平成11年8月6日(1999.8.6)

(31)優先権主張番号 P K 7 6 4 6

(32)優先日 平成3年8月7日(1991.8.7)

(33)優先権主張国 オーストラリア (A U)

(73)特許権者 999999999

ユーエスエフ フィルトレーション ビ
ーティーワイ リミテッド
オーストラリア、ニュー サウス ウェ
ールズ 2756、サウス ウィンザー、メ
ムテック パークウェイ 1

(72)発明者 コップ、ヴァージル クリントン

オーストラリア、ニュー サウス ウェ
ールズ 2154、キャッスル ヒル、タッ
クウェル ロード 53

(74)代理人 999999999

弁理士 加藤 朝道

審査官 真々田 忠博

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 中空繊維膜を用いたサスペンション中の固形物の濃縮

1

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】容器内での液体のサスペンションの固形物の濃縮方法であって

(i) 容器内の液体サスペンションをエラスティック、微細多孔質、中空の繊維または管状フィルタ要素の外面に導入し、加圧ろ過を行うために該液体サスペンションを加圧し又は陰圧ろ過を行うために中空繊維中心孔へ真空付与して、膜を通過させて、

(a) 若干の液体サスペンションは繊維の壁を横断通過し中空繊維の中心孔から清浄化された液体または濾液として排出され、そして

(b) 少なくとも若干の固形物は中空繊維表面又は繊維中に留るか、管状フィルタ要素を内蔵する容器中の液体内に懸濁した固形物として留まるように、濾過を行い、

(ii) 容器を大気圧に開放した後中心孔を通り除去用

2

媒体を作用させることにより繊維上に留っている固形物を繊維から除去し、前記除去用媒体の適用は、はじめ繊維の孔のバブルポイントより低い圧力でガスにより中空繊維中心孔内の液体を中空繊維膜を通過して移動させるように行われ、続いて該孔のバブルポイントより実質的に高い圧力で中空繊維中心孔へガスを導入し、これにより膜孔に残留する液体を外側へ追いやり中心孔内のガスをして繊維壁を通過して液体に後続して通気せしめ、中心孔入口から最も遠い距離にあってさえも効果的な洗浄とすり洗いを行わせ、かくて液体では中心孔入口近くの孔のみを優先的に逆流逆洗浄する自然の傾向を抑える、ことを特徴とする濃縮方法。

【請求項2】該方法は固形物蓄積と固形物排出の繰返しサイクルを利用して連続的な工程として行われることを特徴とする請求項1の方法。

【請求項 3】液体供給液サスペンションから微細固形物を回収する濃縮器であって、

(i) 大気圧下に開放することができ、加圧下又は大気圧下の何れかで液体フィードサスペンションを供給することができる容器、

(ii) 容器内のエラスティック、中空、微細多孔質ポリマー繊維であって、これら繊維は少くとも 1 つの束に集合しているポリマー繊維、

(iii) 中空繊維の中心孔への真空付与手段または容器への圧力付与手段、

(iv) 繊維中心孔から浄化された液体を回収する手段、及び

(v) 順次の 2 段階の圧力によりガス圧力を繊維の中心孔および壁中の液体に適用するガス圧付与手段であって、容器は大気圧に開放され、第 1 段階の圧力は繊維中心孔中の液体が繊維壁を横断通過して排出されるように設定され、第 2 段階のより高い圧力は繊維の膜横断方向の洗浄を行うもので液体へかけられ、実質的に繊維の全部の孔を拡大するのに充分であり、かつこの高圧力はガスが液体を繊維中の比較的大きな孔を通して移動せしめかつ液体に後続して通過し、孔中に留まる固形物を除去するのに十分な圧力であり、さらに孔から出るガスが繊維の外面をすり洗い除去された固形物を容器の大量の供給液中へ移動するようになっている 2 段階のガス圧付与手段からなることを特徴とする濃縮器。

【請求項 4】逆洗操作中容器内容物を別の保持容器に一時的に移動する手段を含むことを特徴とする請求項 3 の濃縮器。

【請求項 5】逆洗操作作中容器内液体上にエラスティック、中空、微細多孔質の多数のポリマー繊維を引上げておく手段を含むことを特徴とする請求項 3 の濃縮器。

【発明の詳細な説明】

発明の技術分野

本発明は中空繊維膜を用いたサスペンション中の固形物の濃縮に関し、特に中空繊維膜を逆洗することによる周期的洗浄の方法と装置に関する。

背景技術

液体サスペンション中の固形物濃縮の従来方法はオーストラリア特許明細書 576,424 及び 582,968 に記載されている。この明細書の本文及び図面は本明細書にも引用されている。この従来技術では濃縮は密閉したカートリッジ又はシェル（殻ないし筒）中の中空多孔質の重合体繊維からなるフィルタ要素により行われている。ポリウレタン充填コンパウンドが繊維の中心孔（lumen）をふさがないでカートリッジ内に適切に繊維の各末端部を保持し、かつカートリッジの各端部をふさがないために使用される。

従来の固形物濃縮を行うのに必要な膜横断方向の圧力差（transmembrane pressure differential）は補給原

料を加圧することにより達成されているが、加圧のためにポンプ、その他の補助装置、当然密閉されたフィルタカートリッジを必要とする。

このような従来の濃縮器における逆洗は密閉シェル内の中空繊維の両サイドへの圧力を比較的高く増大しておき、その後繊維壁のシェルサイドの圧力を急激に除去して繊維壁横断方向の急激な圧力差を生じさせて逆洗を行うという方法で行われていた。

発明の開示

10 本発明の目的はフィルタ要素上に付着・残留した固形物を除去する逆流操作（reverse-flow mode）を使用しこれら付着・残留固形物を急速に除去することができ、かつ固形物のフィルタ分離とフィルタ除去の繰返し操作（modes）を長期間行うことの出来る改良法を提供することにある。

本発明の他の目的は少なくとも従来技術のいくつかの特徴を保持するが、特に膜の逆洗に高圧ガスを使用する前に中心孔の液をバージするために予め低圧ガスを使用する逆洗方法であり、しかし容器を密閉し高圧をかけその後高圧を急激に除去することを必要としない中空繊維フィルタの逆洗方法を提供することにある。この場合簡単なシステムですみ、繰り返し水圧ショックにさらされることが少なく、ある実施態様では低圧誘起濾過により開放容器を使用できるという改良効果がある。

20 従って本発明の広義の態様に於ては、濾過操作を行った微細多孔質壁を有する多数の中空長繊維を逆洗する方法を提供し、この場合濾過操作は夾雑物を含む供給液が、該中空繊維の外面に導入され（繊維の微細多孔質壁を透過通過した供給液の部分を含む）濾液は繊維の中心孔（lumens）の端部から排出されるという作用である。そして上記の逆洗法は以下の特徴（工程）を有する：

(a) 該繊維外面へ供給液の導入を中止することにより濾過作用を停止する、

(b) 該中心孔に残留する濾液を実質的に除去する、

(c) 加圧した液体源を、該中心孔中に導入し該微細多孔質壁のバブルポイント（bubble point）をこえるのに充分な微細多孔質壁横断方向の差圧（ないしは膜横断方向圧）をかけて、加圧流体が該壁を通過するようにする、

(d) 該壁の壁中および／または壁表面に留った夾雑物の主要部を除去（dislodge）するのに充分な時間だけ工程（c）の条件を保持する、

(e) 該繊維の該外面に供給液を導入することにより、濾過操作を再開する。

好ましくは、工程（b）は残留濾液に圧力をかけ、濾液サイドから供給液サイドへと逆方向に該残留濾液が該壁を通過するようにする。

この他の好ましい実施態様では、工程（b）は残留液が該中心孔から自ずと（of its own volition）排出される。

更に好ましい特殊な実施態様では、工程 (b) は圧力をかけて該残留濾液を該中心孔から排出する。

本発明の好ましい特殊な実施態様では残留濾液を中心孔から排出するための工程 (b) は、残留供給液を繊維外面から排除し、それにより圧縮エアを使用する際供給液が繊維外面と接触しないようにする工程を更に設けている。

本発明の方法では工程 (d) の後で、かつ工程 (e) の前に該繊維を再湿潤化 (rewetting) する工程を追加して設けてもよい。

工程 (d) の後には、繊維壁表面上に液体を流して、除去された夾雑物を洗浄する工程を追加して設けてもよい。

好ましくは、繊維は束状に配列し、カートリッジを形成するように長いシェル (筒) 内に収納された状態にある。繊維はカートリッジの縦軸に沿って配列されており、該繊維の中心孔末端はシェル端部に対し液体が連絡するようになっている。

フィルタとしてのカートリッジ操作の特殊な実施態様では、該供給液はシェルの第 1 端部近くに導入され該シェルの反対の端部から排出される。これはクロス流 (cross flow) 式操作と云う。

カートリッジ操作の他の特殊な実施態様では、供給液はシェルに導入され該繊維壁を透過通過して該供給液の部分 (即ち濾液) だけが該中心孔を通り該カートリッジから排出される。即ち濃縮された食物はシェルから除去されない。これは閉端式 (dead-end mode) 操作という。

該繊維の外面からの排出 (draining) 工程は残留供給液を重力の作用下に排出させることによって行ってもよい。

その外、該繊維外面からの排出 (draining) 工程は残留供給液に例えば低圧圧縮エアを作用させるような積極的影響を及ぼすことにより行ってもよい。

本発明の一つの視点において、容器内での液体のサスペンションの固形物の濃縮方法が提供されるが、この方法は以下の如く行われる：

(i) 容器内の液体サスペンションをエラスティック、微細多孔質、中空の繊維または管状フィルタ要素の外面に導入し、加圧ろ過を行うために該液体サスペンションを加圧し又は陰圧ろ過を行うために中空繊維中心孔へ真空付与して、膜を通過させて、

(a) 若干の液体サスペンションは繊維の壁を横断通過し中空繊維の中心孔から清浄化された液体または濾液として排出され、そして

(b) 少なくとも若干の固形物は中空繊維表面又は繊維中に留るか、管状フィルタ要素を内蔵する容器中の液体内に懸濁した固形物として留まるように、濾過を行い、

(ii) 容器を大気圧に開放した後中心孔を通り除去用

媒体を作用させることにより繊維上に留っている固形物を繊維から除去し、前記除去用媒体の適用は、はじめ繊維の孔のバブルポイントより低い圧力でガスにより中空繊維中心孔内の液体を中空繊維膜を通して移動させるように行われ、続いて該孔のバブルポイントより実質的に高い圧力で中空繊維中心孔へガスを導入し、これにより膜孔に残留する液体を外側へ追いやり中心孔内のガスをして繊維壁を通して液体に後続して通気せしめ、中心孔入口から最も遠い距離にあってさえも効果的な洗浄とす

10 洗いを行わせ、かくて液体では中心孔入口近くの孔のみを優先的に逆流逆洗浄する自然の傾向を抑える。

好ましくは、本発明の方法は固形物の蓄積と排出の繰返しサイクルを利用して連続的に行われる。上述の如く理想的な中空繊維内では繊維壁を横断通過する液体の流れを逆にするために圧縮ガスを使用する場合、圧縮ガスがすべての孔の液体に後続 (follow) して通気される必要があるが、実際には若干の孔はより小さく (smaller) 膨張ガスによる液体移動に十分抵抗するであろう。

固形物排出工程後繊維を通過する供給液の流れを再開するために濾液側を真空にするか容器側を加圧するが、孔が拡大しているので、供給液サスペンションの過大粒子が孔を通過しないようなもの孔に戻るには時間がかかり、その時間だけ真空または加圧の適用は遅くされう

る。本発明の他の視点によれば、液体供給液サスペンションから微細固形物を回収する濃縮器が供給され、この濃縮器は以下の特徴を有する：

(i) 大気圧下に開放することができ、加圧下又は大気圧下の何れかで液体フィードサスペンションを供給することができる容器、

(ii) 容器内に配されたエラスティック、中空、微細多孔質ポリマー繊維であって、これら繊維は少なくとも 1 つの束に集合しているポリマー繊維、

(iii) 中空繊維の中心孔への真空付与手段または容器への圧力付与手段、

(iv) 繊維中心孔から清浄化した液体を回収する手段

(v) 順次の 2 段階の圧力によりガス圧力を繊維の中心孔および壁中の液体に適用するガス圧付与手段であって、容器は大気圧に開放され、第 1 段階 (の圧力) は繊維中心孔中の液体が繊維壁を横断通過して排出されるように設定され、第 2 段階 (の圧力) は繊維の膜横断方向の洗浄を行うものでガスにより液体へかけられる (第 2 段階目) 圧力はより高く、実質的に繊維の全部の孔を拡大するのに充分であり、かつこのガスの高圧力はガスが液体を繊維中の比較的大きな孔 (larger pores) を通して移動せしめかつ液体に後続して通過し、孔中に留る固形物を除去するのに十分な圧力であり、さらに孔から出る (emerging) ガスが繊維の外面をすり洗い除去された固形物を容器の大量の供給液中へ移動するようになっている 2 段階のガス圧付与手段。

濃縮器には逆洗操作中容器内容物を別の保持容器に一時的に移動する手段を含むことができる。

濃縮器は逆洗操作中容器内液体上にエラスティック、中空、微細多孔質の多数のポリマー繊維を引上げておく手段を含むことができる。

本発明の他の態様では繊維が一時的に液体供給液サスペンションに浸漬されない間にガスによる逆洗の少くとも一部を行うことができる。

なお、本発明のもう 1 つの視点によると液体サスペンション中の固形物の濃縮方法が提供されるが、この濃縮方法は以下の特徴を有する。

(i) 容器内に配されたエラスティック、微細多孔質、中空の繊維または管状フィルタ要素の外面に固形物を含む液体を導入し、同時に繊維またはフィルタ要素の濾液サイドに比較的低くした圧力を付与し、繊維またはフィルタ要素の壁を横断通過して該液体を通過させ、これにより；

(a) 該液体が繊維壁を横断通過し繊維またはフィルタ要素の中心孔から濾液として排出され、かつ

(b) 固形物は繊維またはフィルタ要素の表面または中に残留するか、または容器内の液体中に懸濁した固形物として留まる、

(ii) 残留固形物を繊維から周期的に除去する。

本発明の更なる視点によれば微細多孔質フィルタを含む微細多孔質繊維壁の中または表面に残留した夾雑物を除去する方法が提供される。この方法は該夾雑物が自由に振動するように該繊維を振動 (agitate) させることを特徴とする。

好ましくは、該繊維は振動工程の間液体中に浸漬されている。なお、繊維は大気圧に開放したタンク中に存在していてもよい。

図面の簡単な説明

本発明を付属図面を参照して述べる。本図面において：－

図1Aは従来技術のクロス流方式で作動する多孔質フィルタカートリッジの側断面図である。

図1Bは従来技術の開端方式で作動する微細多孔質フィルタの側断面図である。

図1Cは従来技術により作動するフィルタカートリッジの時間対流量 (flux) のグラフである。

図1Dは従来技術により作動するフィルタカートリッジの時間対膜横断方向圧のグラフである。

図2は密閉シェル、圧力付与フィルタカートリッジの従来技術による逆洗法の各工程を示す図である。

図3は本発明の第1実施態様の逆洗法の工程を示す図である。

図4は本発明の第2実施態様の逆洗法の工程を示す図である。

図5は図1のカートリッジを含み図3又は図4に示される方法で逆洗するフィルタ装置の略ブロック図であ

る。

図6は図4に示される方法を実施するために図5の装置に示される弁の開弁と閉弁の時間を表示する弁制御図 (タイミング表) である。

図7は図2の工程Aの従来技術の逆洗法に対する流量対時間の関係を示す図である。

図8は図7に対応する正規化流量/膜横断方向圧 (normalized flux/TMP) 対時間の図である。

図9は図2の工程Bによる本発明の第1実施態様の逆洗法を使用して作動する濾過システムに対する正規化流量/膜横断方向圧対時間の図である。

図10は図2の工程Cを含む本発明の第2実施態様による逆洗法を用いて作動する濾過システムに対する正規化流量/膜横断方向圧対時間の図である。

図11は本発明の第2実施態様である工程Cの逆洗法を用いて作動するフィルタカートリッジに対する流量対時間の図である。

図12は図11に対応する正規化流量/膜横断方向圧対時間の図である。

図13は本発明の第3実施態様による低圧誘起濾過 (lowered pressure driven induced filtration) とガス圧逆洗システムを使用する濃縮器の略図である。

図14は本発明の第4実施態様による負圧誘起濾過と液体逆洗システムを使用する中空繊維使用濃縮器の略図である。

図15は逆洗を補助する付加システムを取付けた図14に示した種類の中空繊維使用濃縮器の略図である。

図16は逆洗の間、中空繊維フィルタアセンブリを振動させる機械的手段を取付けた図13のシステムの改良を示す略図である。

図17は逆洗の間濃縮タンク内容物を振動させるパドル振動システムを取付けた図13のシステムの改良を示す略図である。

図18は逆洗の間濃縮タンク内容物を空にする付加システムを取付けた図13の濃縮器の略図である。

図19は逆洗の間中空繊維フィルタアセンブリを液体から引き上げる付加システムを取付けた図13の濃縮器の略図である。

図20は図17の濃縮器を変形した実施態様の略図である。

図21は図20の濃縮器を変形した実施態様の略図である。

本発明の好適な実施態様の詳細な説明

図1Aおよび図1Bを参照すると、公知のフィルタカートリッジ構造10は図1Aによる「流体通過 (flow through) 方式」と図1Bによる「閉端 (dead end) 方式」の2方式 (mode) で作動することが示されている。図1Bのカートリッジ10の構造は図1Aのカートリッジ10と同じであって、そのためカートリッジ10の対称断面図の半分だけが図1Bの「閉端方式」では示される。

フィルタカートリッジ10の構造は長軸11に関して実質的に対称であり、繊維束13を含む外側シェル12を有している。

繊維束13を構成する各繊維の中心孔末端はカートリッジ10の対向する端部16、17にそれぞれ位置している出入口（ポート）14および15を液体が連絡するようになっている。

シェル入口18および出口19はシェル12の各端部16および17のところにそれぞれ位置している。入口18と出口19はシェル内部を通り液体が連絡するようになっているので、繊維束13を構成する各繊維壁外面に液体が導入される。

図では繊維束13のなかの各繊維はポリプロピレンから作製され、0.2ミクロンの平均孔寸法、200ミクロンの壁厚、200ミクロンの中心孔直径をもっている。繊維束13のなかには3000本の中空繊維が存在するが、この場合中空繊維の数および各繊維の寸法は操業条件に応じて変更してもよい。

図1Aのフィルタカートリッジ10は供給液が入口18に導入されると、束13を構成する各繊維の外面と供給源は接触して、「流体通過方式」の微細多孔質フィルタとして作動する。繊維壁は微細多孔質であるので壁を横断通過して繊維中心孔内部に、実質的に粒子を含まない供給液が濾液としてでてくる。この濾液は2つのポート14、15のいずれかまたは両者から排出される。

「閉端方式」としての図1Bのカートリッジの作用は出口19が閉鎖される（かまたは全く存在しない）ことを除き、図1Aの上述した作用と類似している。従って入口18に入る供給液は繊維束13を構成する各繊維の壁を横断通過し、濾液としてポート14および15の何れか、または両者を通して排出される部分を除きシェル内部に留まる。

以下の記載は図1Bの「閉端方式」の作用に関するものであるが、カートリッジ10が図1Bの「流体通過方式」で作動させられたとすると本発明の実施態様に関しては同じ原理と総合特性が適用される。

カートリッジ10をフィルタとして作動させるためには繊維壁横断方向に圧力差が存在し、繊維壁外側に存在する供給液は壁を横断通過し繊維の中心孔内に導入されることが必要である。

このような圧力差はポンプ等により圧力をかけて供給液を壁外面に導入すること、即ち「正の圧力方式」で行うことができる。

あるいは該壁横断方向の圧力差は液体が繊維壁外面および中心孔内部に存在するように満ち、次に中心孔内部から液体をポンプで排出させる「負の圧力方式」でも得ることができる。以後この作動方式を「低圧誘起方式濾過」（“lowered pressure”induced filtration）と云うが、この場合真空ポンプ等が繊維中心孔内部の液体をひきだすのに使用され、これにより繊維壁横断通過に必要な圧力差が生じ、供給液をシェルサイドから繊維壁

を横断通過させて、中心孔サイズへと移動させることができる。

「正の圧力方式」および「低圧誘起方式」の何れの方法も繊維壁横断方向の圧力差を生じさせる方法である。これについては以下の本発明の実施態様中で述べる。

カートリッジ10がフィルタとして使用される時シェル12に入る供給液サスペンション中の固形物は束13を構成する各繊維壁の壁中および壁外部に存在する。この存在する固形物量は作動時間と共に上昇し、当然の結果であるが、入口18への供給圧力が一定の場合、束13を構成する各繊維の壁を横断通過する濾液の流速または流量は作動時間と共に減少する。

図1Cおよび図1Dのグラフはフィルタが完全に清浄である条件から出発して典型的な3日間にわたるフィルタカートリッジの作動パラメータの効果を示している。事実、このグラフの値は化学的清浄化を行い、繊維が疎水性物質で覆われた場合再湿潤することにより実施した結果である。

図1Cから流量は初期に比較的急速に減少し、次に低い値に達してから安定化する傾向が示されている。これに相応じて、図1Dから膜横断方向圧（TMP）は徐々に上昇し、結局化学的清浄化またはこれと同じ状態迄高くなる。

図1Cおよび図1Dのグラフに示した特性を得る本質的条件として逆洗法が一定の間隔で行われていることである。即ち図1Cおよび図1Dのグラフにおいて逆洗法が20分毎に行われ、逆洗法自体には約1分を要している。規則的な逆洗を行った後、約1分経過後試料採取が行われた。

規則的に逆洗を行わないとカートリッジの能力は下水濾過等の工業上の実操作では急速に低下し、望ましくない結果を得たであろう。

図2、3、4は図1Aのカートリッジ10の一連の断面図であり、従来技術の逆洗法（図2A）、本発明の第1実施態様の逆洗法（図3）および本発明の第2実施態様の逆洗法（図4）を示す。

図2の従来技術の逆洗法は（供給液をシェル12に供給することを停止したと仮定して）第1に工程A1の矢印Zに示されたように繊維束13の各中心孔から残留濾液を排出させ、次に中心孔内部とシェル12の内部の両方を圧縮エアの圧力源により加圧し、シェル12に封入された全範囲が工程A2のPで示されたように約300～600kPaの圧力に加圧されることを特徴とする。

工程A2の後に工程A3が続くが、工程A3では圧力源は繊維束13の中心孔にPに示したように保持されているが、一方シェル12から圧力源を急激に除去すると圧力源は矢印Yに示した方向に向かい、この場合急激な圧力差（負の膜横断方向の圧力差と呼ぶ）が繊維束13を構成する各繊維の壁横断方向に生じる。この圧力勾配は壁の中心孔サイドの高圧から壁のシェルサイドの低圧迄の勾配であ

る。

壁横断方向に圧力勾配が生じるのは爆発的で、付着・保留粒子の急激な除去を以下のように行う。繊維束13の各繊維壁を構成する微細多孔質物質の孔に入っている粒子を急激に除去しシェル12の供給液部分に送り、次に液体を適切に通すことにより例えば入口18からシェルの長さ方向に液体を通して出口19から排出することにより、該粒子を排除する。

図2に示される従来技術による逆洗法は比較的高圧力の工程A2が特徴であって、そのため繊維束13は全体が加圧可能な構造の内部に入っている。更に加圧可能な構造は、その稼働寿命がくる迄、数10分毎繰り返して加圧工程A2の加圧が行われる。このような加圧／除圧の繰り返しは疲労問題を生じ、その結果フィルタカートリッジの構造の使用寿命を短縮する。従来技術の逆洗法では工程A2から工程A3への移行の爆発工程を確実にを行うため迅速に作動する高性能バルブが必要であった。このような従来技術の方法を図3および図4に記載した本発明の第1および第2実施態様の逆洗法と比較する。

図3には本発明による逆洗法の第1実施態様を示され、この場合工程B1は工程A1に類似する工程であり、矢印Zに示されたように繊維束13の各中心孔から濾液が排出されることを特徴とする。工程B1の後に直ちに工程B2が続くが、工程B2は高压空気源を用いてPで示したように300～600kPa範囲で繊維束13の各中心孔を加圧していることを特徴とし、この場合圧力差が束13を構成する繊維壁横断方向に生じ、この圧力差は少くとも若干の加圧エアが中心孔サイドから矢印Xに示されたように繊維壁を横断通過しシェルサイドへ流れだすのに十分な圧力差である。壁を横断通過するこのエアは繊維壁中から引きずりこまれていた粒状物を除去し、粒状物をシェル内部の供給液部分に移動させ、ここから粒状物は一掃される。

逆洗法の従来法と本発明法の著しい相違点は図2と図3の比較にみられるように工程A2に対応する工程が図3（本発明）では存在しない点である。

図4は本発明の逆洗の第2の実施態様である。この場合工程C1は工程B1に類似しているが、矢印Wに示したように工程C2がおこる前にシェル内の供給液部分が排出されるという特徴をもっている。特に好ましい実施態様ではシェルの供給液の排出工程は中心孔から残留濾液を排出するのと同様に行う。また特に好ましいいくつかの実施態様では、比較的低圧の圧縮エア導入により上記排出を助けるが、この場合シェルの供給液の一部、中心孔又は両者からの排出工程を加速する。

工程C1の後に工程C2が続く。この工程C2は上述した工程B2と同じである。図4の方法では加圧工程A2が存在しないという点に於て図2の従来技術と相違することは図3の方法と同様である。

加圧工程A2の存在しない特徴によりフィルムカートリ

ッジシェル12の寿命を短縮する原因となる加圧／除圧のサイクルが除かれる利点がある。

図4に記載される第2の実施態様と関係して本発明の逆洗法では工程C2の逆洗工程の前にシェル12内部の供給液から生ずる残留供給液部分を除去することによって特に能力が上昇したことが示されるが、この残留供給液部分は壁横断方向の高い圧力勾配（負の膜横断方向の圧力差）の発生を邪魔する傾向があるためである。過剰供給液を除去したことによりこのような邪魔を除き逆洗工程C2の粒子除去率を高めたのである。

図5は、第1実施態様の方法（工程B）又は第2実施態様の方法（工程C）を実現するために適宜の弁の連係動作（シーケンシング）によって操作可能な、圧力が給与される囲まれたシェルフィルタの実施態様を示す相互接続線図である。

図6は、第2実施態様の工程Cの各工程に従って逆洗を行うための図5に示した弁についての弁タイミング表である。

図6の弁タイミング表に従って連係化される図5の実施態様の動作については以下に説明する。

図5の組立体は、繊維束13を含む単一のカートリッジ10を含み、繊維束13の各々の中心孔（lumens）は、中心孔ポート14、15と流体連通されている。

繊維束13を囲むシェル（殻ないし筒）12は、図示したように、供給ポート18A、18Bを一端側にまた供給ポート19A、19Bを他端側に、それぞれ備えている。

濾過動作の間、ポンプ30は、ブレイクタンク（break tank）31又は外部供給源32から（弁PV3の状態に依存して）ポート18A及び／又は19Aを経てシェル12の内部に供給液を供給する。濾液は、次に、濾液ポート14、15を経て取出することができる。

第2実施態様（工程C）による逆洗サイクルを実施するための弁連係動作（シーケンシング）は、図6によるタイミング表に従って行われる。この動作の各々の工程は、一般に次の通りである。

最初に、ポンプ30を停止させ、弁PV2、PV3を含む全ての弁が閉弁されていることを確認することによって、カートリッジ10への供給を遮断する。

ソレノイド弁SVL1、SVL2を開弁することによって、シェル12及び中心孔を低压エアで与圧することによって、中心孔ドレンダウン連係動作（シーケンス）及びシェルドレンダウン連係動作（シーケンス）を開始する。弁PV9を開弁して、中心孔からブレイクタンク31に排出される濾液の返液を許容する。弁PV5を開弁して、シェル12の内部からポート18Bを経て外部の側所（図示しない）への供給液の排出を許容する。

次に、ソレノイド弁SVL1、SVL2は開弁に保ち、更に、弁PV4、PV7は開弁し、それに続いて、高压エア供給弁PV10、PV11、PV12を同時に開弁することによって、工程エア供給部33からの高压エアを繊維束13の中心孔に流入

させ、その壁部を経て、シェル12の内部に流入させることによって、ブローバック（吹戻し）シーケンスを開始する。エアー及び他の残留液は、送りポート18B、19Bから排出させる。

この状態は、わずか1秒間継続されるのみであり、その後は、ポンプ30をオンとし、供給弁PV2は開弁、弁PV5は閉弁とすることによって、シェル12中に供給液を再度流入させる。これにより、供給液は、ポート18Aを経て供給され、クロス流モードで、ポート19Bを経てカートリッジ10から排出される。

実際のブローバックは、弁PV10、PV11、PV12を開弁とすることによって終了するが、カートリッジ10のクロス流モードの動作を継続し、シェル10の内部の残留する沈殿は、ポート19Bを経て逆洗排出口34に排出することによって、シェルスweepモードを約18秒間持続する。

これによって、逆洗シーケンスを終了する。適切ならば、再湿潤（rewet）シーケンスをこれに続いて行い、そうでなければ、濾過を再開する。

図5の構成又はその均等物を用いて、一連の比較実験を行った。その際に、従来の技術の工程Aの逆洗方法、第1実施態様の工程Bによる逆洗工程及び第2の実施態様の工程Cによる逆洗工程を、別々の場合に使用して、図5のカートリッジ10を何日間か連続使用した。

全ての実験は、試行期間中80kPaのオーダの平均膜横断方向圧（TMP）を与えるように、供給量を調節して行った。

図7、8は、従来の技術の工程Aの逆洗方法を用いて行った濾過方法の結果を示す。

図2について前述した予加圧工程Aを含めるように、図5について説明した装置を稼動させた。流量値（Nm² 30 当り毎時リットル単位で表わした流量）を、各々の逆洗終了後の一定の時点で、6日間サンプリングした。この結果を図7のグラフに示す。この図からわかるように、最初の清浄な装置は、Nm²当り毎時300リットルより大きな流量値において作動する。しかし、定期的に逆洗を行ったにも拘らず、この割合は、約2日間の作動の後に、Nm²当り毎時100-150リットルまで低下し、この範囲内において安定する。

図8に用いた実験結果は、図7のものと同一であるが、図8は、流量と膜横断方向圧（TMP）との間の直線 40 関係に実験結果が多少少な目に依存し、これに多少めに応答するように、補正を行うために、流量値をTMPで割算することによって「正規化」されている。

図9は、第1実施態様による逆洗工程即ち工程Bを利用する場合の対応の結果を示している。

この表において、流量/TMPの値を、7日間の実験期間に対してプロットし、従来の技術のモード（工程A）による動作についての実験結果と、工程Bのモードによるものとを、直接比較が容易なように、同一のグラフ上に重ね合わせて示している。これらの結果は、逆洗サイクル 50

の終了に同期されない一定の時間隔において得たものであるため、ある結果は、逆洗操作の間のサンプリングを、又は他の非濾過操作の間のサンプリングを、それぞれ反映している。図9からわかるように、工程Aの操作のサンプル点と工程Bのサンプル点とは、工程Aモードで操作した場合の性能と比較して工程Bモードで操作した場合の性能に劣化が生じないという判断ができる程度に互に密集している。

図10は、工程Cの操作の実験結果と比較した場合の工程Aの操作の実験結果とを同様に重ね合わせて示したグラフである。この場合も、重ね合わせた結果の密集によって、工程Cモードの操作に際して操作上の劣化の生じないことが示される。

図11は、工程Cモードで操作が行われ、（工程Aモードの操作についての）図7のグラフとの直接の比較を許容する仕方ではサンプリングされた装置の、別の実験結果を示している。この場合は、サンプルデータの取得を逆洗サイクルの終了に同期させたので、逆洗に続いて正常な動作が開始された後の一定の時点において、サンプルが採取された。そのため、実験結果の散らばりは非常に少ない。図7、11の比較によって明らかとなるように、図7の動作の工程Aモードは、ほぼ固定値130において安定化されるのに対し、図11に示した工程Cの動作は、ほぼ固定値200において安定化される。この場合の比較は、工程Cモードの逆洗を利用した場合、工程Aモードの逆洗を利用した場合に比較して長期間の傾向として明確な改善が見られることを示している。

図12は、図11について得られたものと同一のデータを示しているが、これらのデータは、図8との直接の比較のために前記の仕方では正規化されている。この場合にも、図8の工程Aの動作は、流量/TMP値約1.5において安定化されるのに対し、図12の対応する安定化の値は約2.3であることが理解されよう。

次に、本発明の他の実施態様を、図13-21について以下に説明する。これらの図のうち多くのものは、開放シェル形態に関連され、濾液の取出しは、多くの場合、繊維の中心孔の側面の圧力を能動的に低下させることによって行われるが、各図について以下に説明する逆洗のモードは、必ずしもこれらの形態には限定されない。

図13に示した中空繊維膜濃縮装置は、中空繊維束102から成り、この繊維束は、底部及び頂部が成形樹脂ブロック103、104中にそれぞれシール状に収納されており、全ての中心孔が底端ではシールされ、全て上端では開放されるようになっている。中空繊維束102は、上端開放タンク101中に収容された懸濁された固形物を収容する液中に完全に浸漬されている。

上部樹脂ブロック104は、濾液室（又はヘッダ）105中に封止状に連結されている。室105は、弁106を備えたパイプ107によって、濾液受入れタンク108に連結されている。真空ポンプ109と濾液引出しポンプ110とは、受入れ

タンク108に連結されている。受入れタンク108からの液引出し速度は、液位コントローラ111によって制御される。

図13に示した濃縮器は、2つの圧力レベルを使用したガス圧逆洗方式を使用する。供給源115から供給された高圧の圧縮ガスは、弁114の開弁によって濾液室105に供給される。圧縮ガスは、減圧調整弁113によって減圧され、弁112開放—弁106、114、116閉弁時に、濾液室105に供給される。弁116のみ開弁の際は、濾液室105中の気圧は1気圧になっている。

濾過の間、真空ポンプ109及び濾液引出しポンプ110は、弁106開放、弁112、114、116閉弁で作動している。液は、繊維束102の中空繊維の壁を経て引出され、濾液室105を上行し、弁106、パイプ107を通して、濾液溜め108に進入し、そこからポンプ110によって絶えず引出される。これによって液はタンク101から絶えず引出され、懸濁された固形物が残される。中空繊維束102は、より多くの固形物を含有する液がタンク101に追加されることによって、常時浸漬して保たれている。

ある期間の作動後に、中空繊維は、タンク101からの（濾液としての）液の引出し速度が低下して中空繊維の逆洗が必要とみられるようになる点まで、汚染が進行する。この逆洗は次のようにして行う。即ち、弁106は閉弁し、弁112は開弁し、弁112は、繊維束102中の中空繊維中心孔中のほぼ全量の液が中空繊維壁を経てタンク101の内部に移動し終わるまで、開弁に保たれる。

次に弁114は開放し、高圧のガスが中心孔中に流入し、中空繊維壁の気孔から残留液を排出させ、全ての中空繊維の表面から微細気泡として噴出させる。

これらの噴出気泡の成長及び分離は、蓄積された固形物を中空繊維の表面から脱離させ、液と固形物と気泡の生成混合物を中空繊維束102からタンク101中の液中に排出する。

弁112、114は閉弁、弁116は短期間開放とし、残留圧縮空気を排出させ、ブローバックの間に拡大された気孔がブローバック前の通常の大きさに弛緩して戻る時間を取る。次に弁116を閉弁、弁106は再開放し、減圧によって誘起される濾過を再開する。

液が水であり、中空繊維が親水性であれば、真空誘起される濾過によって繊維が十分に再湿潤（再ウェット）され、容認可能な濾過流量が直ちに得られる。

中空繊維が疎水性であると、ブローバックの間にガスによってブローされた全ての気孔は、残留ガスと、表面張力によって支持された膜気孔中の気—液界面とによって、凍結された状態に保たれる。全部の液を保持した気孔のみが濾液を通過させる。そのような気孔は少数のため、濾液の流量は、通常の濾過にとっては受け入れ難い程度に低くなる。これらの場合、気—液界面は、次の工程（a）—（e）が順次反復されることによって、膜を通して徐々に前進することができる。

（a） 弁106は、5—30秒間速やかに開弁される。濾液室105中に真空が存在する間、真空誘起された濾過が、中空繊維膜の、液によって充満された気孔を経て生ずる。この間、濾液中に溶存したガスは、気泡として放出され、液は真空にさらされている。また、この間に、膜の気孔中にトラップされたガスは、膨張し、そのガスの一部分を、分離された気泡として中心孔中に放出する。これらの分離された気泡は、上昇し、弁106を経て排出される。

（b） 5—30秒後に、弁106は閉弁され、膜の気孔に隣接しているか又はその内部に存在する、脱ガスされた液は、中心孔中の圧力が大気圧まで経時的に増大する間、多少の気孔ガスを溶解させる。圧力が増大する間に、膜の気孔中にトラップされた膨張した気泡は、収縮し、タンク101からの液によって部分的に置換される。中心孔中の気泡は、この圧力上昇期間や濾液室105に向って常時上昇する。

（c） 10—300秒後に、弁106は、すみやかに再開放され、圧力をすみやかに減少させ、濾液室105、中心孔及び膜の気孔中の液からより多くのガスが膨張した気泡として除去される。

（d） 工程（b）を反復する。

（e） 液が膜の気孔を経て中心孔に到達し、許容可能な濾液の流量が再設定されるまで、工程（c）、（d）を順次反復する。

別の方法として、膜の気孔中に保持されたガスを中空繊維壁から固形物濃縮タンクまで順次移動させるために、機械的な衝撃機構を使用することができる。

ガス圧誘起逆洗の後に、中空繊維膜壁の全ての気孔から液が排出され、ガスによって置換されているのではない。中空繊維中心孔に真空が再設定された時、これらの残量の、液によって満たされた気孔は、ほぼ全量の気孔が液によって満たされている中空繊維膜について得られる濾液流量よりも低い濾液流量においてではあっても、それを通る液の流れを許容する。

ガスによって部分的にか又は完全に満たされた気孔に再度液を溢流する工程は、再湿潤と呼ばれる。膜の気孔面がすみやかに湿潤されると（即ち、水が液である場合、気孔面が親水性もしくはごくわずかに親水性である）液は、膜を再湿潤させる誘因をほとんど必要としな

いか、全く必要としなくなる。この目的では、真空によって生ずる誘起が適切である。気孔面が容易に湿潤されない場合、例えば疎水性である場合は、膜中の気孔内の気—液界面の表面張力は、これらの気—液界面の運動に抗する。気孔面の湿潤性と気—液界面の張力によって定まる圧力差を超過する圧力差が膜を通るこれらの界面の運動を生ずるために適用されねばならない。

水圧衝撃によって液中に圧力波を生じさせ、それによってこれらの界面を破壊し、膜を経て移動させることが

できる。最初の衝撃圧力波に直接に後続する液中の持続された圧力の適用によって、この移動が保たれ、膜壁を経てガスを移動させ、液と交替させる。

中心孔液中に短時間適切な持続圧力を与えることによって、濾液を、この再湿潤の目的に引続き使用することができる。この場合の手順は次の通りである。

(i) ガス圧誘起逆洗の後、弁112、114、116を閉弁とし、弁106は開放し、濾液室105に真空を適用し、この室及び中空繊維中心孔に濾液を再充填する。この操作は、濾液室中又は弁106、112、114、116をこの室に連結する配管中にガスポケットが残留しなくなるまで続ける。弁106、112、114、116及びその配管は、真空誘起された濾過の間それらが常に液で溢流され、ガスポケットが保たれないように構成されている。

(ii) 濾液室105が、(i)に述べたように、濾液で溢流されると、弁106は閉弁され、1-5秒後に、弁114は、高压ガス供給源115に対して開放される。この例では、弁114は、適切な開放面積又は開放速度の特別の弁であり、供給源115中のガス圧は、弁114が急激に開弁された時、濾液室105中の濾液に水圧衝撃（ウォーターハンマー）を与え、濾液及び中空繊維中心孔を経て、繊維束102の中空繊維膜壁中の気-液界面に向って圧力波を移行させるように定められている。

(iii) 弁114は、1-20秒間開放に保たれ、閉弁前に濾液室105を排液するとなく、中空繊維中心孔中の圧力を保持する。

(iv) 弁106は、更に短い遅延時間の後に、濾液室105から全部のガスを吸引する。

(v) 前記(ii)、(iii)の操作を反復する。

(vi) 中空繊維膜が十分に再湿潤され、真空誘起される濾過が再開される時に適切な濾過速度が得られるように、前記(iv)、(v)を反復する。

図14に示した中空繊維濃縮器は、ガス圧によって開始される水圧衝撃を用いた液逆洗方式と共に、真空誘起される濾過を使用する。

本発明のこの実施態様によれば、減圧によって誘起される濾過は、図13の実施態様について説明したようにして行われるが、逆洗は、ガスが膜を経て液を移動させることなしに、中空繊維の膜壁を通る液流の急速な反転によって生ずる。このため高压のガスは、中空繊維の中心孔中の液圧の非常にすみやかな上昇を誘起させるように、急激に供給される。

この圧力の増大速度は、機械的な衝撃（ウォーターハンマー）を生ずるに足るほど早いので、圧力波が中空繊維中心孔中の液を経て進行し、中空繊維壁の気孔を通る小振幅の急激な逆流を生じさせる。

この急激で短時間の逆流は、中空繊維壁の外側の気孔中にトラップされた固形物を脱着（脱離）することによる最初の清浄作用を行う。高压を持続すると、この最初の、非常に迅速な、気孔を通る液流の加速が継続される

ので、中心孔からのより多くの液が中空繊維壁中に流入し、最初の圧力波によって開放された、外側気孔中にトラップされていた固形物をスweepして除去する。高压ガスへの露呈は、中空繊維壁の気孔にガスが進入可能となる前に終了させる。

図14に示した中空繊維濃縮器は、成形樹脂ブロック103、104と共に収納された中空繊維束102と、濾液室105と、タンク101（液中に懸濁された固形物を含む）と、低压誘導系（弁106、パイプ107、濾液受入れタンク108、真空ポンプ109、濾液ポンプ110、液位コントローラ111から成る）とを有し、これらの作用は、図13を参照して説明した真空誘起濾過の場合と同一の形式である。

減圧誘起濾過によりタンク101中の固形物がある期間濃縮した後、中空繊維は、徐々に汚染され、許容可能な濾過速度を回復するための逆洗が必要となる。

本発明のこの実施態様によれば、次の手順に従って逆洗が行われる。

(i) 弁106を閉弁して濾過を終了させ、3-60秒かけて系を安定させる。

(ii) 次に弁102を非常に速やかに開放する。この例では、弁112は、全閉状態から全開状態までに要する時間が0.5秒より短く、また大きさが濾液室105中の液の圧力上昇速度によって液を衝撃波として通る圧力波が確実に生ずるように定められている、特別の弁である。この目的のために、弁112は、濾液室105に近接して位置され、上流側が溜め115からの高压ガスにさらされる間弁112の下流側が液によって溢流されるようになっている。弁106、116はこの間閉弁されている。

(iii) 弁112は、ある短い時間の間のみ開放に保たれている。この時間は、典型的には、10秒よりも短い。

(iv) 弁112は、閉弁され、0-10秒の時間の後に、弁116が開放され、濾液室105に流入した高压ガスを大気中に放出する。これらの操作は、濾液室105中の液が完全には排出されないようにするために行われる。もしこの液が完全に排出されたとすると、高压ガスが樹脂プラグ104の下方の中空繊維の中心孔に入り、膜の気孔に進入することがありえよう。

(v) 弁116を閉弁、弁106を開放し、濾液室105から空気を吸引して弁112、116の下流側に液を溢流させるのに十分な時間開弁に保持する。この目的のために、弁112、116及び濾液室105への連結部は、弁106、112、116の濾液室側のガスポケットがこの操作の間に除去されるように、その構成が定められている。

(vi) 前記の衝撃誘起された脱離ないし緩和及び高压ガス圧によって開始された液流の逆流を用いて、膜を更に清浄にするために、(i)-(v)の操作を反復する。

(vii) 必要ならば、真空誘起された濾過モードに系が戻る前に、操作(vi)を何回か反復する。

図15に示した中空繊維濃縮器は、図14に示したものと

同様であるが、可溶ガスによって過飽和された水を供給して逆洗を補助する余分の系統を用いている。

図15の実施態様は、追加の圧力室117を備え、この圧力室117は、これに付属する逃し弁123を備え、弁119を介して清浄水供給源118に接続され、弁121を介して加圧可溶ガス（又は複数ガス）供給源120に接続され、さらに弁122を介して濾液室105に接続される点において、図14と異っている。

負圧によって誘起される濾過は、本発明の第1実施態様について前述した操作に従って行われる。真空誘起される濾過期間の間に、弁122は閉弁に保たれ、濾液室117には、前回の逆洗に用いた水を交換するに足る余分の新しい清浄水が、逃し弁123及び清浄水供給弁119を開弁することによって供給される。弁119、123は閉弁され、弁121は、圧力室117中の清浄水に溶解する圧縮ガスを導入するために開弁される。室117中の圧縮ガスの圧力は、濾液室105の低圧域と中空繊維束102の中心孔及び膜壁とに衝撃なしに後に供給された時にガスが過飽和された溶液として水中に溶存されるように、この段階で調整される。

濾過が終了し、逆洗がこれから開始される時に、弁106を開弁し、濾液室105中の圧力をほぼ大気圧まで上昇させる。次に弁122を徐々に開弁し、濾液室105及び繊維束102の中空繊維の壁及び中心孔中の濾液を移動させ交替させるに足る量の、溶存ガスによって過飽和された水を導入する。弁122は次に閉弁する。

次に弁112を急激に開弁して衝撃圧力波を誘起し、濾液室105と中空繊維束102の壁及び中心孔中の液の溶液から過飽和ガスを放出させる。このようにガスを放出させることによって、中空繊維膜を通る可溶ガス及び水の2相の逆流を助け、中空繊維から蓄積された固形物を除去する作用が得られる。

図16、17は図14、15の実施態様にも適用可能な図13の実施態様の変形を示している。図16の変形例では、中空繊維束102の底部端を封入しシールしている成形樹脂プラグ103は、逆洗又は濾過の間浮力によって中空繊維102が上昇するのを防止するように、質量及び密度が定められている。

濾液室105は、濾液室135、中空繊維102及び樹脂ブロック104、103を付勢時に振動させるための機構に機械的に連結されている。これらの振動は、一般に上下方向の振動運動である。振動機構は、濾過の間は作動しない。振動機構は、中空繊維束102が液中に浸漬されている逆洗の間のみ作動し、逆洗の逆流期間の間中空繊維の気孔から排出される液体、又はガス又はその両方によって脱離・緩和され放出されたか又は現在離脱され放出されつつある中空繊維束102の繊維の間に浮遊している固形物の移動を助ける。

図17の変形例においては、タンク101中の供給液中の固形物のサスペンションは、パドル131によって攪拌さ

れる。このパドルには、機械的手段132によってか又は付設されたダイヤフラムモータ134（外部装置133によってエアーもしくは水の圧力変動の供給を受けて駆動される）によって、主に垂直方向に、振動運動が与えられる。これによって、タンク101中の液が攪拌され、図16を参照して前述した逆洗のための逆洗期間中の中空繊維束102の洗浄を助ける。

図18に示した中空繊維濃縮器は、図13の濃縮器と同様であるが、逆洗の間濃縮器をからにすることを可能とする追加の系統を備えている。

負圧によって誘起される濾過は、逆洗が必要と考えられるに至るまで、図13の実施態様と同様にして続けられる。逆洗は、次の操作（i）－（v）に従って行われる。

（i） 弁126、127は常閉である。弁129は逆止弁である。弁114、116は閉弁に保たれている。弁106は閉弁され、弁112は開弁され、繊維束102中の中空繊維中心孔中のほぼ全量の液が中空繊維壁を経てタンク112に移動するまで開弁に保たれている。

（ii） 弁112は、タンク101の内容物が別の溜め124に移送される間、中空繊維束102が液中に浸漬されなくなるまで、閉弁されている。この移送は、液移送ポンプ25の作動によってか、又は、タンク101から溜め124への液の移送を行うに足る時間の間弁128を開弁し弁126を開弁に保って、溜め124に真空を設定することによって行うことができる。

（iii） 弁114を開弁し、高圧ガスをすみやかに中心孔中に流入させ、中空繊維壁の気孔から残留液を移動させ、気泡とそれに続く小さなエアージェットとによって、繊維束102中の全ての中空繊維の表面から噴出させる。この工程によって、膜の気孔上の蓄積された固形物及び膜面に付着した固形物がスweepされ、中空繊維束102の内部にゆるく集積されるか、又は、タンク101中に落下する。

（iv） 弁114を閉弁し、弁127、128を開放することによって、溜め124の内容物をタンク101に返却し、中空繊維束102を再び浸漬させる。

（v） 繊維束102を浸漬させると、弁114を再び開弁し、脱離された固形物を、中空繊維束102の繊維の間からタンク101中の液中に、噴出ガスによって移動させる。

次に、中空繊維膜の再湿潤が行われ、図13、14、15の各実施態様について前述した方法のうち1つに従って完了される。

図19に示した中空繊維濃縮器は、図13の濃縮器と同様であるが、逆洗の間中空繊維フィルタ組立体を液から上行させる余分の系統を備えている。

逆洗の間の一連の作動は次の通りである。

（i） 弁114、116は閉弁に保たれている。弁106は閉弁、弁112は、開弁され、繊維束102の中空繊維中心孔中

のほぼ全量の液が中空繊維壁を経てタンク101中に移動するまで、開弁に保たれている。

(ii) 部材102、103、104、105、106、112、114、116から成る組立体が機械的手段130により上行し、最も下方の成形樹脂ブロック103のみがタンク101中に残って浸漬されるようにし、その間は弁112は閉弁する。

(iii) 弁114を開弁し、高圧ガスを中心孔中にすみやかに流入させ、中空繊維壁中の気孔が残りの液を移行させ、気泡とそれに続く小エアージェットとして、全ての中空繊維束102の表面から噴出させる。この工程によって、蓄積固形物は、膜の気孔から、また付着していた膜の表面からスweepされ、中空繊維束102中にゆるく集積されるか、又はタンク101に落下する。

(iv) 弁114を閉弁し、部材102、103、104、105、106、112、114、116から成る組立体を、中空繊維束102及び成形樹脂プラグ104がタンク101中の液面より下方となるまで、機械的手段130によって下降させる。

(v) 繊維束102を浸漬させる際に、弁114を再び開弁し、脱離された固形物を、中空繊維束102の中空繊維の間から、タンク101中の液中に、噴出ガスによって移行させる。

中空繊維膜の再湿潤が次に行われ、図13、14、15の実施態様について説明した方法のいずれかによって完成する。

図18、19の実施態様の一連の操作中工程(v)の間に、部材102、103、104、105、106、112、114、116から成る組立体(中空繊維束102、濾液室105及びそれに付設された弁から成る組立体)を、図16について説明したように、機械的手段135によって振動させる。

図18、19の実施態様の一連の操作中、工程(v)の間に、図17を参照して説明したように、タンク101中の液としての固形物のサスペンションをパドル131によって攪拌することができる。

図20は、容器(タンク)がもはや大気圧に開放されてなく、閉止されており、単一のフィルタ要素又は複数のフィルタ要素を封入している、更に別の実施態様を示している。真空誘起された濾過を前記のように使用でき、この場合に、新しい供給液は、濾液がライン107を経てタンク108に引込まれる間に、供給弁151を経て、閉止された容器に引込まれる(供給ポンプ152は割愛できる)。又は、供給弁151を経てポンプ152によって供給液を圧力下に閉止容器(タンク)中に供給することができる(ポンプ109、110は不要となる)。

弁106は弁151の閉止によって濾過が終了すると、ガス圧によって駆動される逆洗が図13の実施態様について前述したように達成される。ガス圧による逆洗は、図17の実施態様のパドル131の振動運動によって与えられるタンク101の液内容物の攪拌によって達せられる。

容器(タンク)101は、濾液ヘッド105で閉止されている。容器101は弁150の開弁によって大気圧に開放するこ

とができる。容器(タンク)101を大気圧に対して閉ざすこと目的は、中空繊維膜が明確に供給液に対して非湿潤性であり、例えば疎水性があり、前述したどの再湿潤法も適切でない場合に、ガス圧によって起動される逆洗の後の中空繊維膜の再湿潤を容易にすることにある。このようにして、ガスにより駆動された逆洗の後に中空繊維膜を再湿潤させるには、次の操作を順次行う。

(i) 弁150、153を閉止し、供給弁151は開放に保つことによって、容器101からの流体の排出に対して容器101をひとまず閉ざす。弁106を開放し、ポンプ109、110を用いて、ライン107を経て真空を適用することによって、中空繊維膜を経て供給液を導入するか、又は、ポンプ152によって供給液をタンク101中に圧力下に供給する。これは濾液系とその配管とが弁106まで液で満たされるまで行う。膜壁を通る液のこの通過は、ガスによって開始される逆洗が膜を通る気孔の一部を液で満たしてしまっていることに依存する。大部分の気孔は、液がパージされ、ガスによって満たされる。

(ii) 濾液供給系は、濾液供給弁106の閉弁と濾液ヘッド105及び中空繊維中心孔中の圧力とによって閉ざされる。閉止されたタンク101は、

(a) 高圧液ポンプ155から弁158を通る供給か、又は

(b) 弁114を介した濾液系中のある高い点への圧縮ガスの供給によって昇圧する。

この作用によって、中心孔と、膜気孔と、閉止されたタンク101との内部において、圧力が増大し、膜気孔中において気泡が圧縮され、その体積が減少し、圧縮されたガスの後方の膜気孔中に液が流入することが許容される。

(iii) タンク101中の圧力は、弁150又は151の開放によって減少する。このほぼ直後に、弁106が開放され、濾液ヘッド105中の圧力が低減される。タンク101の圧力の最初の減少によって、膜壁中の圧縮された気泡は、減圧方向に膨張する。これらの気泡は、膜壁から外方へ、タンク101中に向かって膨張する。この第2の作用は、別の濾液が中心孔からタンク101の内部に向かって更に推進されることを制限する。

(iv) 前記(i) - (iii)に述べた操作は、膜壁中に残留する気泡を圧縮してタンク101中に放出するため反復される。これらの操作は、内部の気泡がガスによって駆動される逆洗の間に液と取替えられている膜を通る次の満足な濾過速度が得られるまで、必要に応じて再び繰返される。

図20の系統は、前記のように圧力推進される再湿潤系統を受入れるように閉止タンクを組込むことによって、本発明の他の実施態様にも適用することができる。

図21は、タンクがもはや大気圧に対し開放されてなく、閉止され、単一のフィルタ要素又は複数のフィルタ

要素を開いこんでいる、本発明の更に別の実施態様を示している。圧力によって推進される濾過を前記のように使用でき、この場合には、新しい供給液は、供給ポンプ 152 から供給弁 151 を経て閉止タンクに圧送され、濾液は、ライン 107 を経てタンク 108 に引込まれる。

弁 106 の閉止によって濾過が終了すると、図 13 の実施例について前述したようにして、ガス圧によって駆動される逆洗が達せられる。

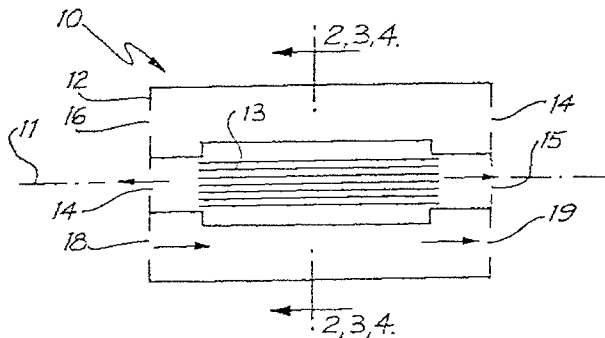
別の方法として、図 21 の装置は、圧縮給与されるフィルタとして操作することができ、工程 B 又は工程 C 又は先に述べたように、周期的に逆洗されることができる。中心孔中の濾液は、ヘッド 158 を介して引出される。

タンク 101 は、濾液ヘッド 105 により閉止されている（この例では第 2 濾液ヘッド 158 が設けられていることに注意されたい）。タンク 101 は、弁 150 の開弁によって大気圧に開放することができる。タンク 101 を大気圧に対して閉ざすことの目的は、膜が液に対して明確に非湿潤性であり、例えば親水性であり、前述したどの再湿潤法も適切でない場合に、ガス圧によって駆動される逆洗の後に中空繊維膜の再湿潤を容易にすることにある。ガスによって駆動される逆洗に続いて膜をこのようにして再湿潤させるために、図 20 についての前記 (i) - (iv) の操作を順次行う。

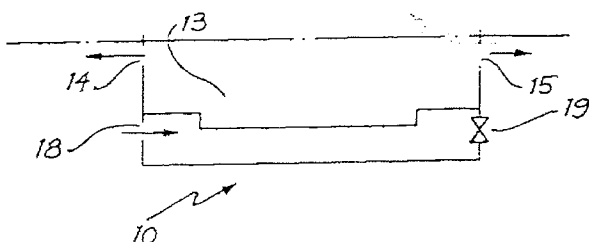
図 21 の場合の、ガスによって駆動される逆洗は、次の各々の工程から成る。

(a) 弁 106、151 は閉弁し、弁 150 は開放する。弁 160*

【第 1 A 図】



【第 1 B 図】



* は閉弁に保たれる、

(b) 弁 112、159 は開弁し、低圧ガスは、濾液ヘッド 105、158 及び繊維中心孔から溜め 108 中に向って液を移動させる、

(c) (b) の操作と同時に、弁 153 は開弁され、ポンプ 157 はタンク 101 の内容物をタンク 158 中に移送する、

(d) 弁 114 は開放し高圧のガスは、繊維束 102 の膜気孔から液を移動させ、ガスによって駆動される逆洗を供与する、

(e) 弁 160、153 は開放され、ポンプ 157 は停止され、タンク 101 を再充填させる、

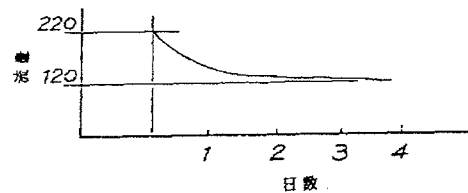
(f) タンク 101 が再充填されたら、ポンプ 157 を再起動し、繊維膜からガスがなお放出されている間に、繊維束 102 上に液をスweepさせる、

(g) 弁 112、114、153、160 を閉弁し、ポンプ 157 を停止し、ガス圧駆動される再湿潤工程を開始する。

以上の説明は、液タンク中において作動する単一の繊維束に関連しているが、液タンク中に複数のそうした繊維束を用いることが経済的に有利と考えられるので、本発明は前述した実施態様には制限されない。

また、以上の説明は、本発明のいくつかの実施態様のみについてなされているが、本発明の範囲及び精神から逸脱することなく、当業者にとって自明な変更を本発明について行うことができる。

【第 1 C 図】



【第 1 D 図】

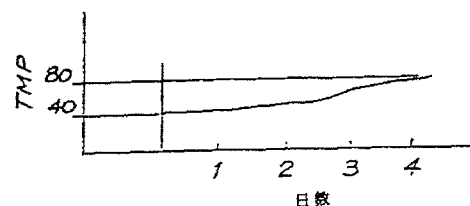
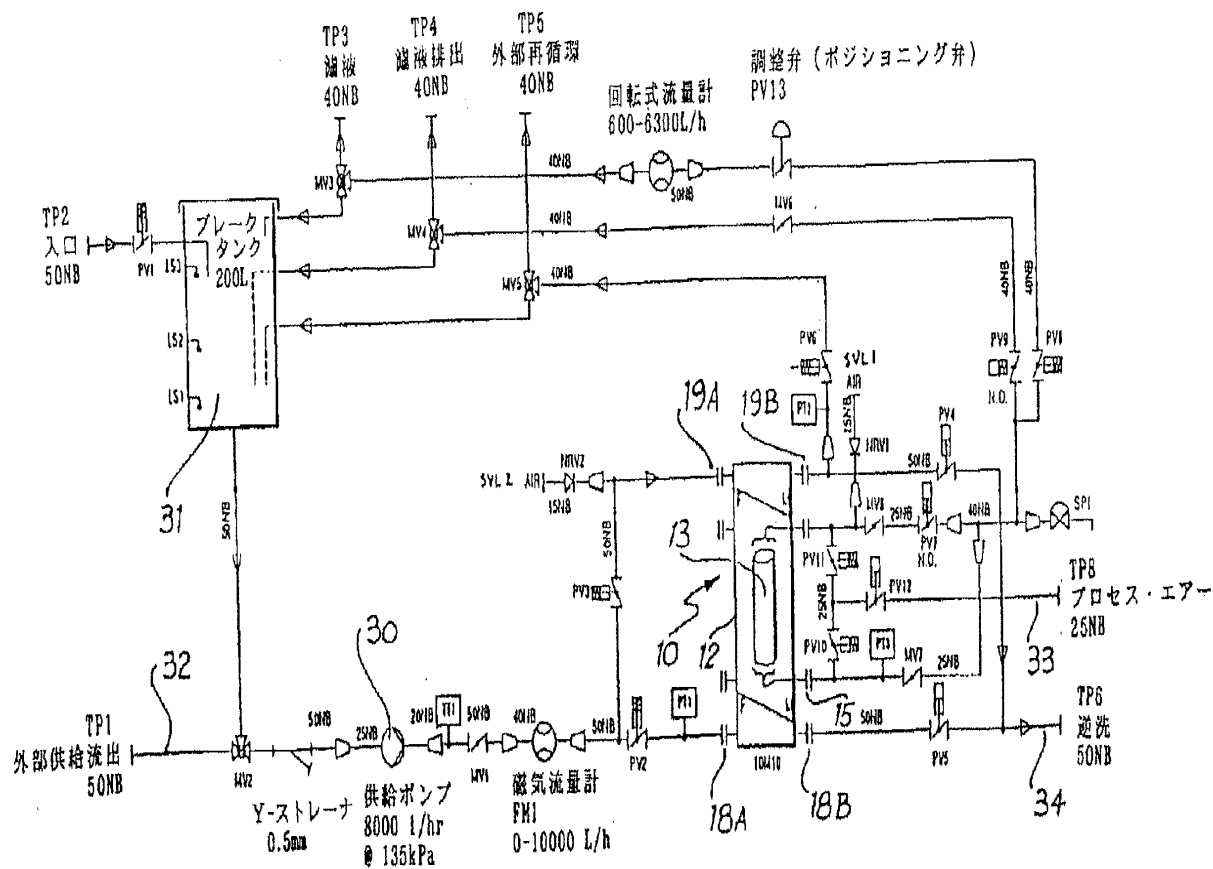


Figure 1 consists of three schematic diagrams labeled A1, A2, and A3, each showing a circular structure 12. In A1, a curved line 13 is shown inside the circle, with an arrow pointing to a point labeled Z. In A2, a circle 13 is shown inside the circle 12, with a point P marked inside it. In A3, a circle 13 is shown inside the circle 12, with a point P marked inside it and an arrow pointing to a point labeled Y.

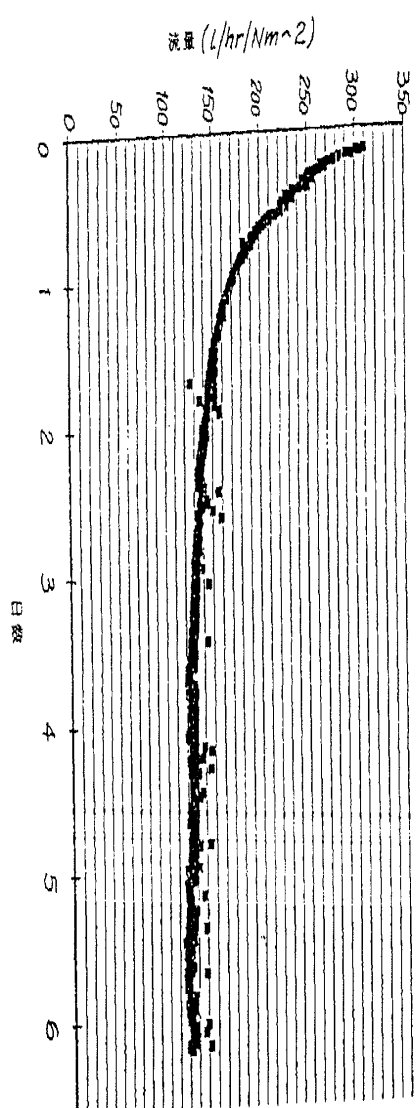
The diagram illustrates a coordinate transformation. On the left, a circular region labeled $C1$ is shown with a central point P . A coordinate system C is defined with axes W and Z . The region $C1$ is bounded by a circle labeled 12 and contains a smaller circle labeled 13 . An arrow points from $C1$ to a second circular region labeled $C2$ on the right. In $C2$, the central point is X , and the coordinate system is defined with axes X and Y . The region $C2$ is also bounded by a circle labeled 12 and contains a smaller circle labeled 13 .

[illegible]

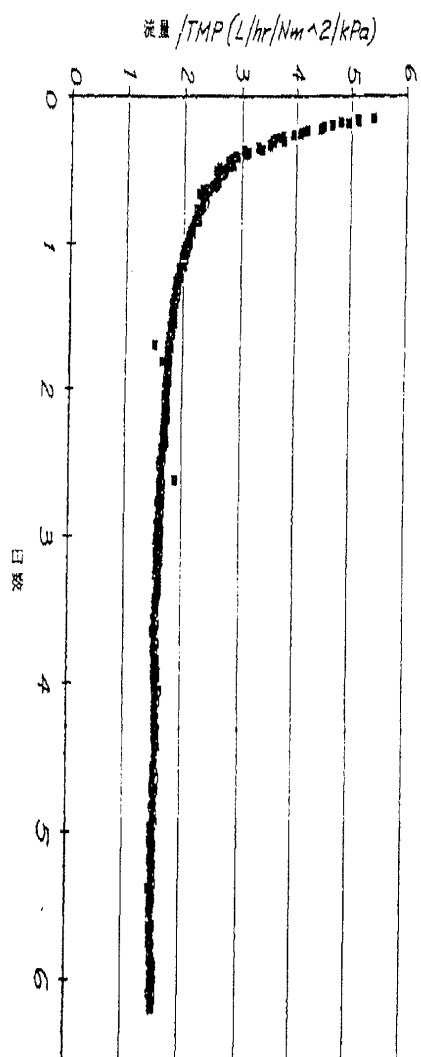
【255図】



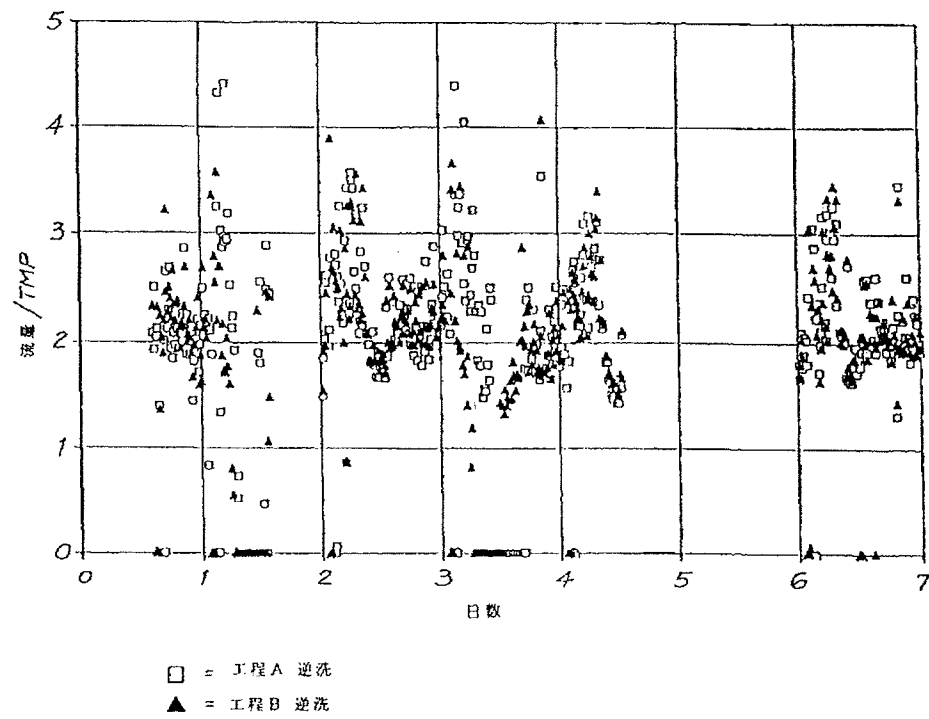
【第7图】



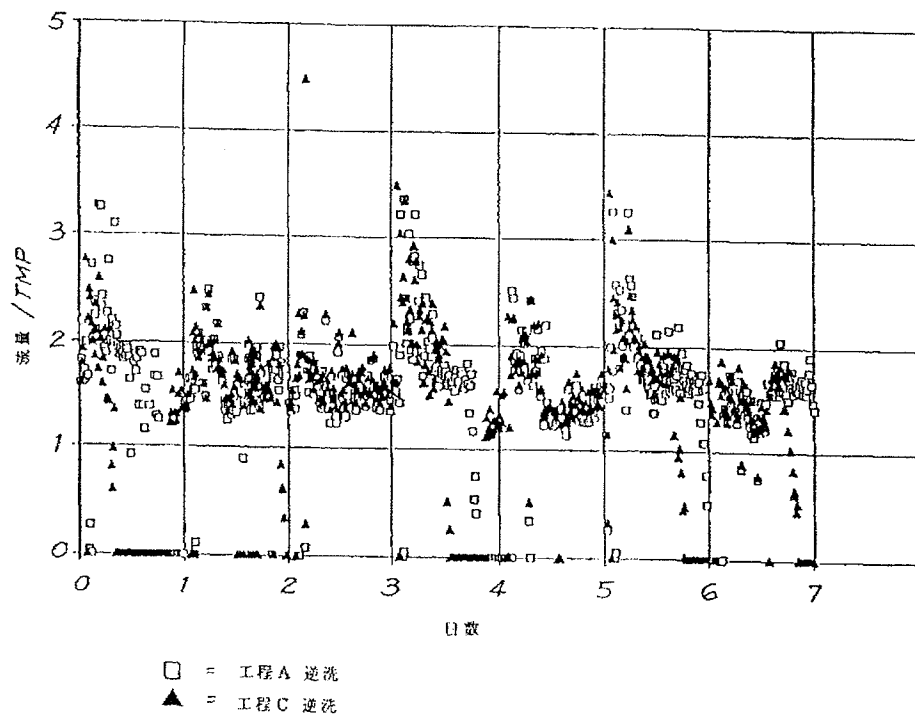
【第8图】



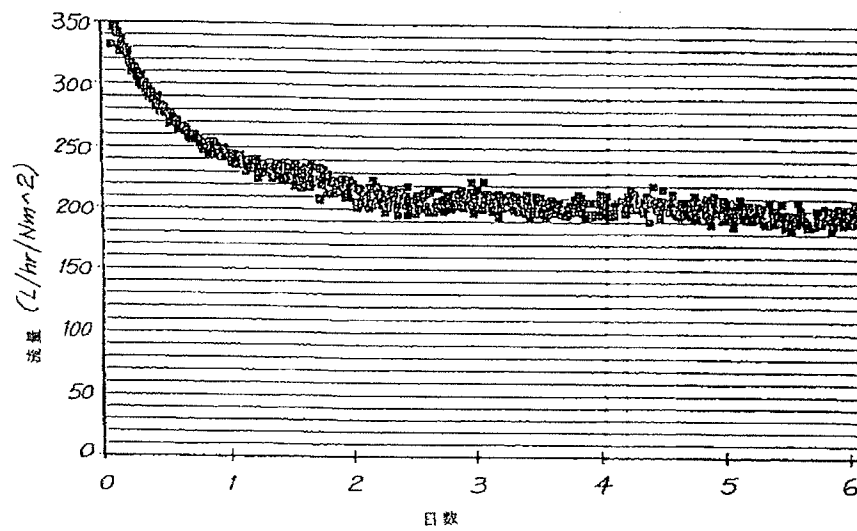
【第9図】



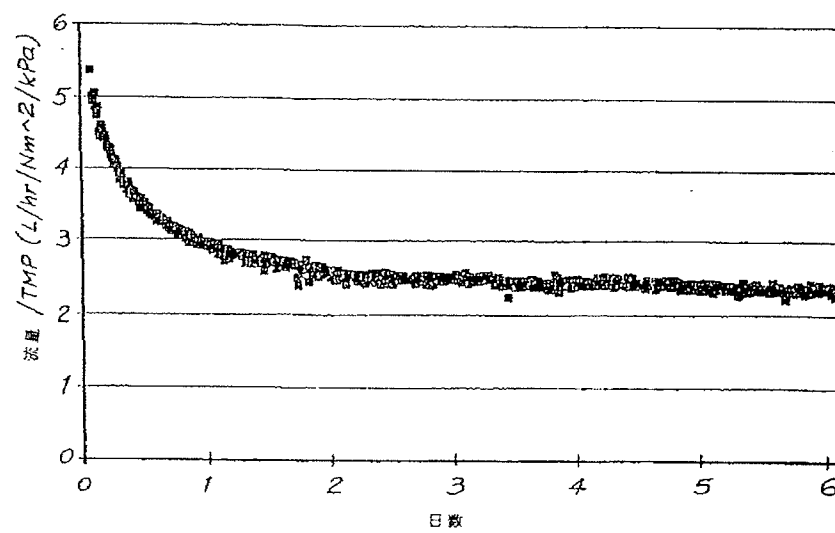
【第10図】



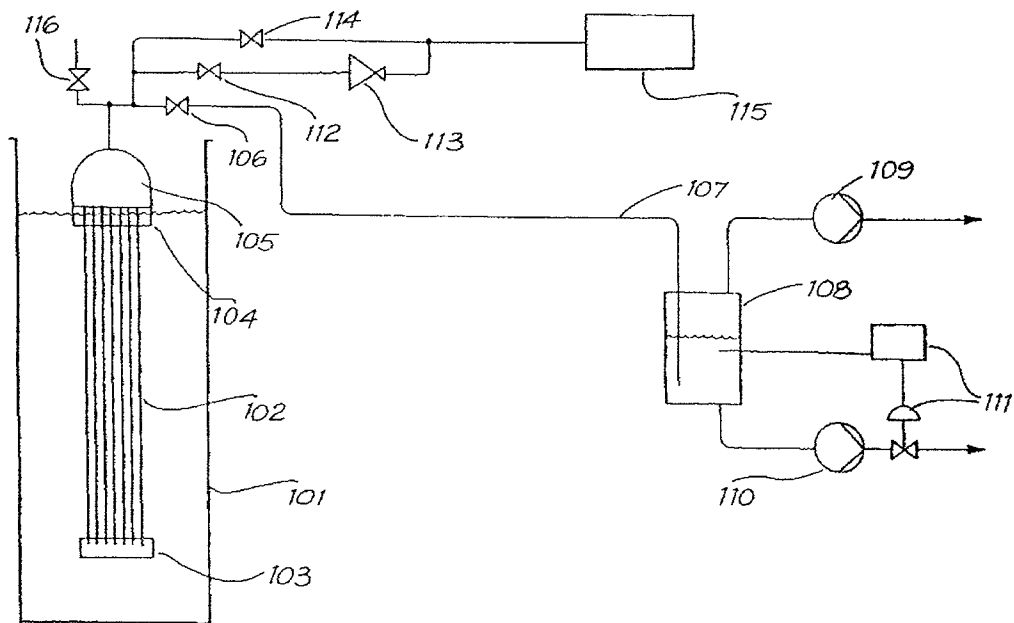
【第11図】



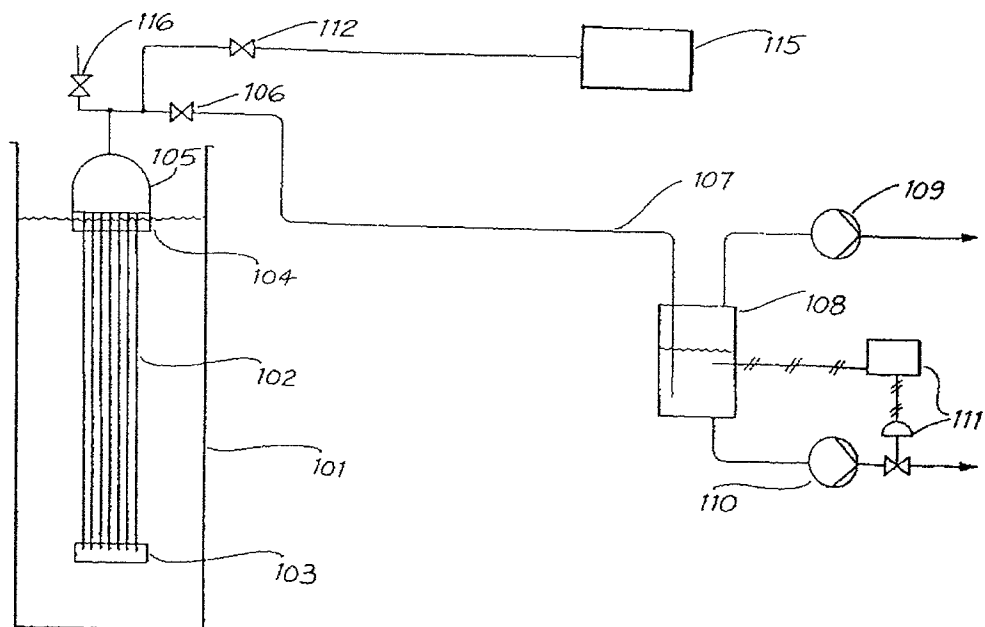
【第12図】



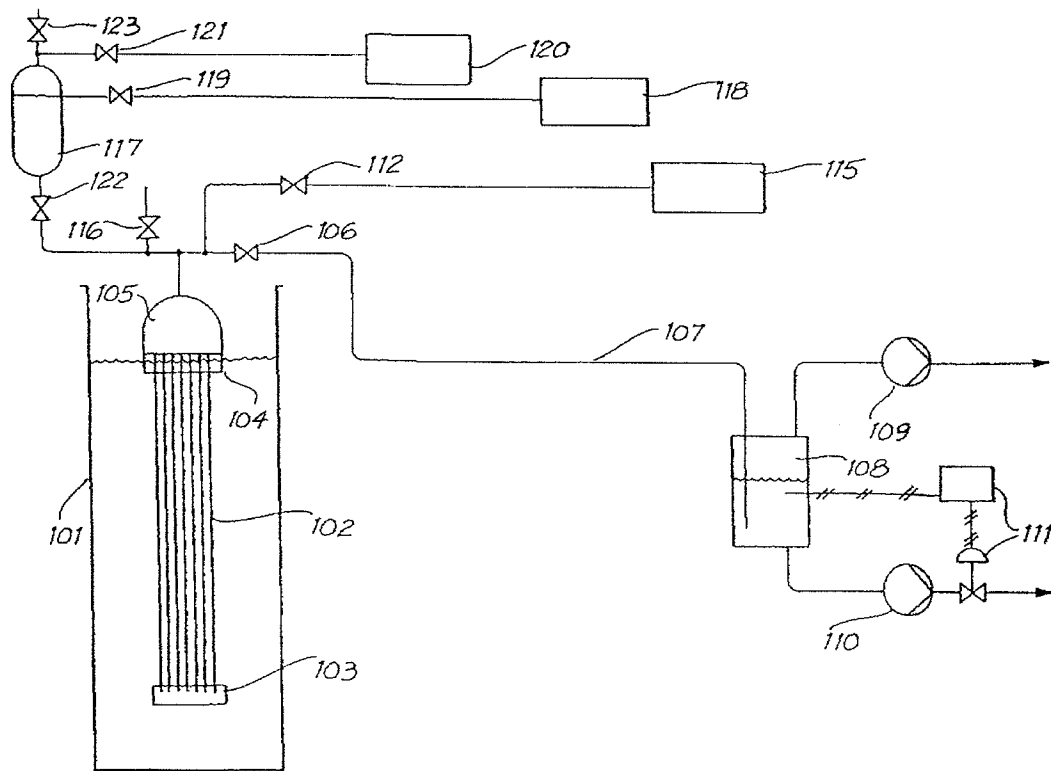
【第13図】



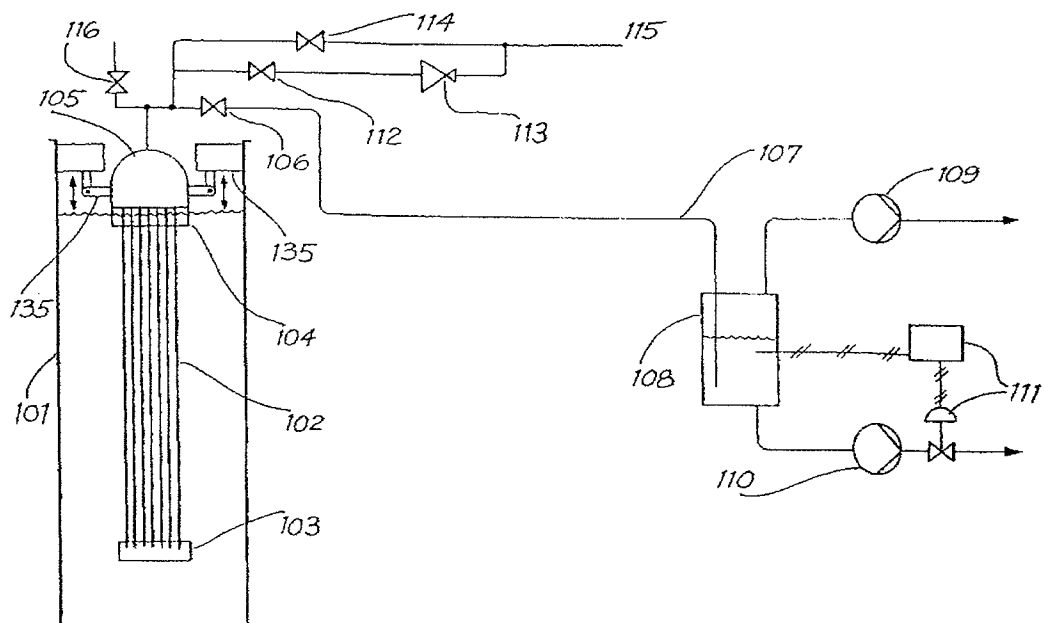
【第14図】



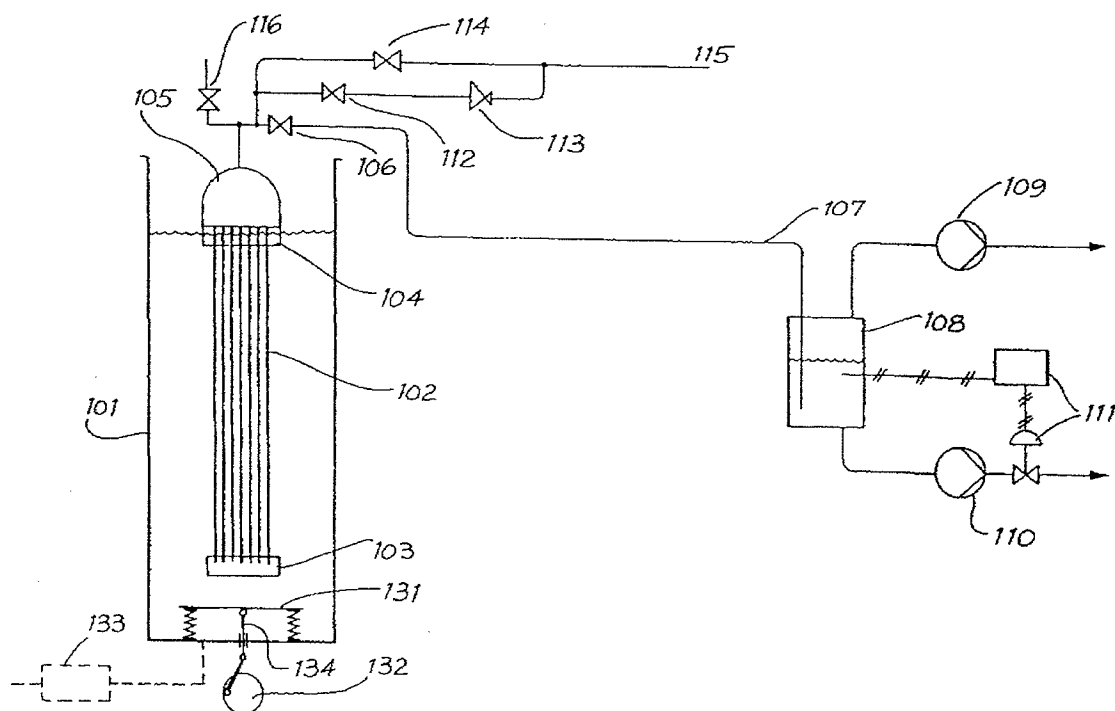
【第 1 5 図】



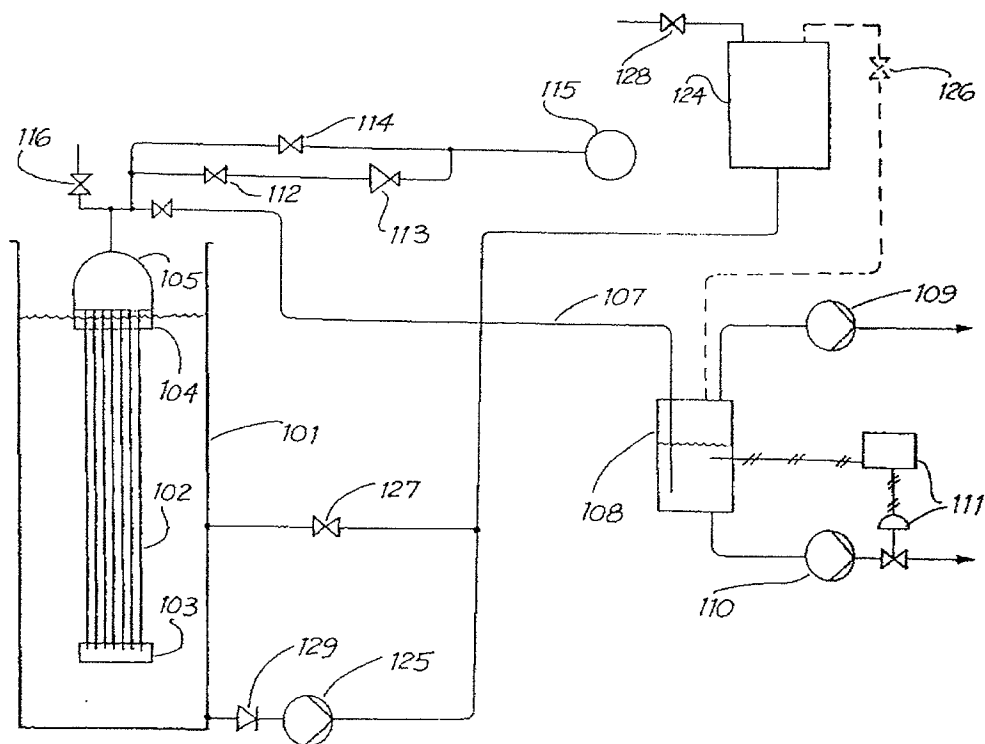
【第 1 6 図】



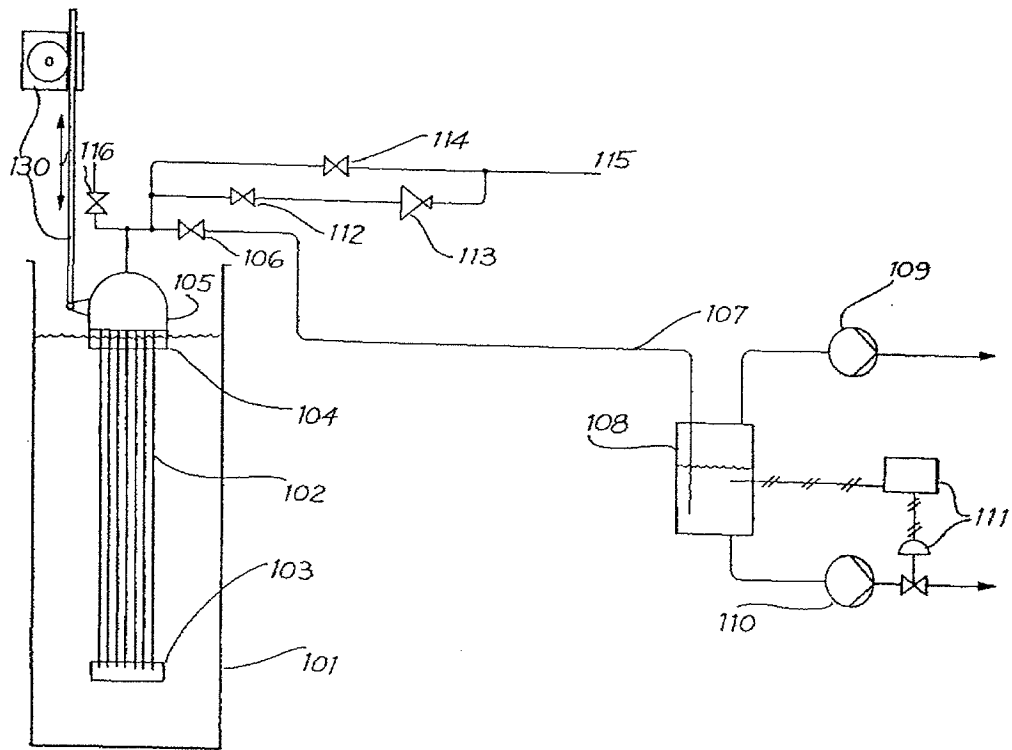
【第 17 図】



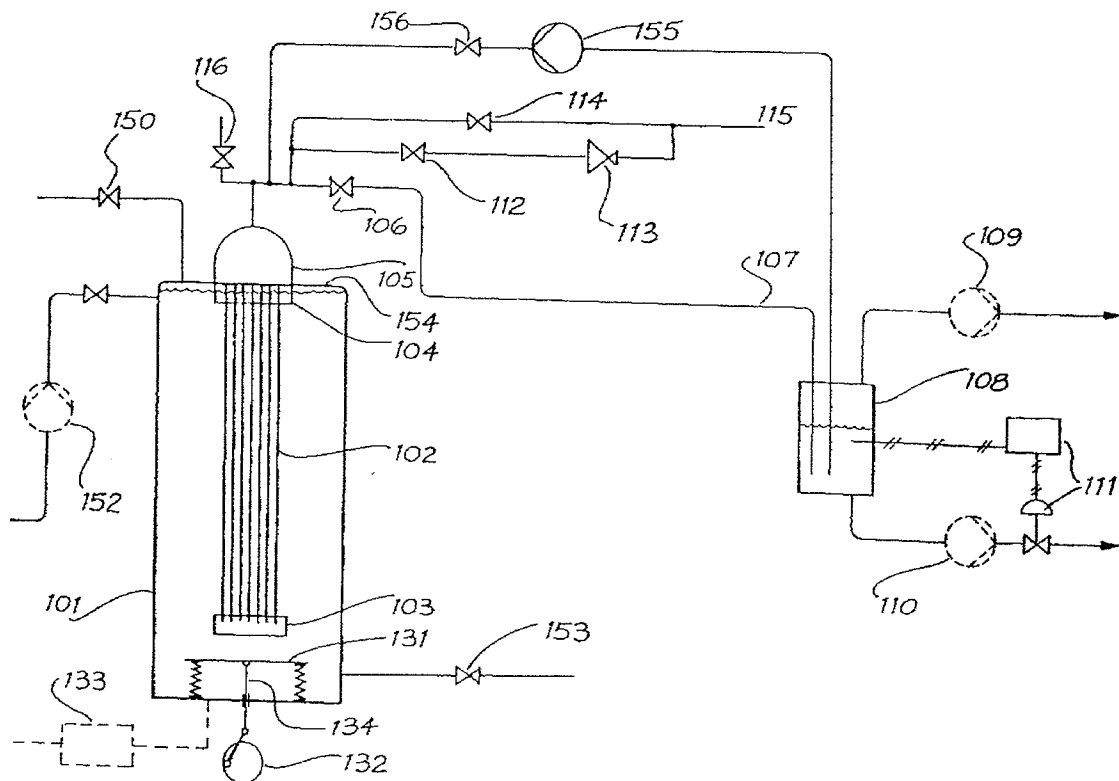
【第18図】



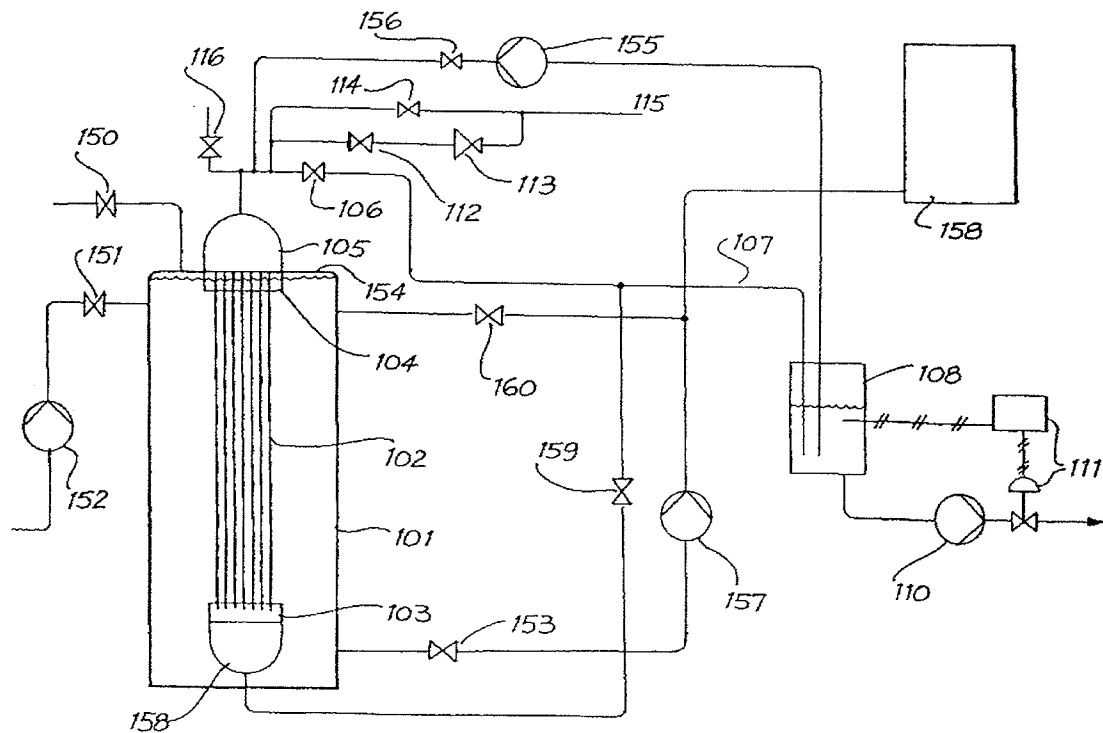
【第 1 9 図】



【第 2 0 図】



【第 2 1 図】



フロントページの続き

(72)発明者 ドイグ、イアン ドラカップ
オーストラリア、ニュー サウス ウェ
ールズ 2069、ローズビル チェイス、
カルガ ストリート 37

(72)発明者 ストリートン、ロバート ジョン ウィ
リアム
オーストラリア、ニュー サウス ウェ
ールズ 2756、サウス ウィンザー、ド
ラモンド ストリート 33

(72)発明者 ダージ、ジャリル ミシェル
オーストラリア、ニュー サウス ウェ
ールズ 2150、パラマッタ、ローズ ス
トリート 6/39

(56)参考文献 特表 平 1-500732 (J P, A)
特表 昭62-502452 (J P, A)
特表 昭62-502317 (J P, A)

(58)調査した分野(Int.Cl.⁷, D B 名)

B01D 65/02

B01D 61/18